

Aplikasi *Directional Coupler* dan *Double Coupler* sebagai Sensor Pergeseran Mikro

Anwaril Mubasiroh, Gatut Yudoyono

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Teknologi
Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: gyudoyono@physics.its.ac.id

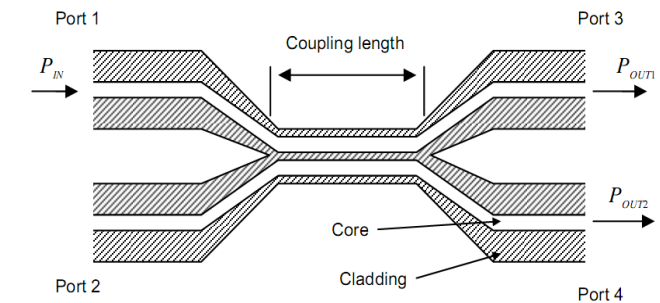
Abstrak—*Directional coupler* dan *double coupler* dapat dimanfaatkan menjadi sensor pergeseran mikro dengan prinsip penalaran gelombang cahaya yang tercoupling pada setiap daerah couplingnya. Eksperimen ini dilakukan dengan menggunakan mikrometer yang di pasang cermin datar pada ujung poros putar sebagai komponen pergeseran. Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kedua jenis divais ini dapat dimanfaatkan sebagai sensor pergeseran mikro dengan performansi yang cukup baik. Adapun parameter-parameter sensor pergeseran untuk masing-masing *directional coupler* dan *double coupler* adalah besar jangkauan 4160 μm dan 4700 μm , daerah kerja 3180 μm dan 2420 μm , serta sensitivitas 0,0661 au/ μm dan 0,0445 au/ μm .

Kata Kunci— *sensor pergeseran mikro, directional coupler, double coupler, jangkauan, daerah kerja, sensitivitas.*

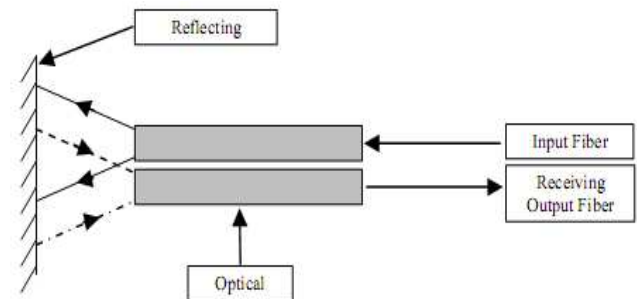
I. PENDAHULUAN

Directional coupler merupakan salah satu divais optik yang dapat difungsikan sebagai pembagi daya. *Directional coupler* dapat terbuat dari serat optik baik *singlemode* maupun *multimode*. Berdasarkan prinsip kerja tersebut, *directional coupler* dapat digunakan untuk berbagai macam sensor. Beberapa aplikasinya antara lain pemanfaatan *directional coupler* sebagai sensor getaran dengan memanfaatkan modulasi intensitas [1], pemanfaatan *double coupler* dari fiber optik *singlemode* sebagai ring resonator sensor [2], dan sensor pergeseran [3–5].

Penelitian tentang *directional coupler* sebagai sensor pergeseran sudah beberapa kali dilakukan. Salah satu penelitian tentang sensor pergeseran yaitu dengan memanfaatkan fiber optik *singlemode* dengan diameter *core* dan *cladding* masing-masing 5 μm dan 125 μm . Hasil dari penelitian ini adalah sensor pergeseran dengan rentang daerah kerja 1,5 mm dengan sensitivitas 2 μm [5]. Penelitian dengan hal yang sama juga dilakukan dengan menggunakan fiber optik *multimode* dengan panjang *coupling ratio* 0,5 serta sumber dan detektor yang digunakan adalah IR 783 nm dan model detektor 818-SL (Newport). Penelitian ini menghasilkan jangkauan lebih panjang dari penelitian sebelumnya yaitu 2 mm dengan sensitivitas 6,28 $\mu\text{W}/\text{mm}$ [4]. Dengan teknik yang hampir sama juga dilakukan penelitian serupa menggunakan 3 buah *directional coupler* dengan variasi panjang *coupling*



Gambar. 1. Bentuk sederhana *directional coupler* 2 x 2 [7].



Gambar. 2. Fiber optik sebagai sensor pergeseran termulasi intensitas [4].

yang berbeda (30 mm, 36 mm, dan 40 mm). Sumber yang digunakan adalah laser He-Ne 632,8 nm dengan detektor OPT 101. Berdasarkan penelitian, daerah sensor terjauh adalah 1,3 mm dengan panjang *coupling* 36 mm [3].

Berdasarkan beberapa uraian singkat tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka akan dilakukan eksperimen mengenai sensor pergeseran mikro dengan metode yang sederhana. Adapun variasi dari penelitian ini adalah menggunakan dua *directional coupler* yang memiliki satu *coupling* dan *directional coupler* yang memiliki dua *coupling* (*directional double coupler*) dengan panjang *coupling* pada semua *coupling* adalah 34 mm. Sumber yang digunakan adalah LED 660 nm dengan detektor dari sebuah alat BF5R-D1-N, alat ini khusus digunakan untuk menganalisa daya keluaran dari fiber optik. Detektor dari alat ini memiliki *time respon* sebesar 500 μs , diharapkan akan dapat mendeteksi daya optik keluaran akibat pergeseran cermin dengan lebih baik. Sehingga tujuan dari eksperimen ini adalah untuk merancang *directional coupler* dan *double coupler* sebagai sensor pergeseran dan

menganalisis parameter-parameter pergeseran yang di dapat dari eksperimen.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Directional Coupler

Directional Coupler merupakan salah satu peralatan sistem moda terkopel. *Directional Coupler* juga merupakan piranti optik yang tersusun atas dua pandu gelombang kanal sejajar yang saling berdekatan dalam orde panjang gelombang optik yang di tanam pada suatu substrat [6]. Divais ini dapat mendistribusikan daya optik ke dua port atau lebih, atau sebaliknya menggumpulkan daya optik ke port tunggal.

Gambar 1. menunjukkan bentuk sederhana dari *directional coupler* 2 x 2. Divais tersebut terdiri empat buah *port*, satu buah *port* sebagai *input* dan dua *port* sebagai *output*. Divais ini biasanya di buat dengan menggandeng dua buah fiber optik yang masing-masing bagian yang akan di gandeng telah di lukai hingga ke *cladding*-nya. Sehingga ketebalan dua *cladding* yang di kupas akan berkurang, hal inilah yang menyebabkan moda terkopel dari satu fiber ke fiber yang lain [7].

B. Pemanduan Cahaya dalam Coupling

Pada dua buah pandu gelombang yang letaknya saling berdekatan dan dilewatkan cahaya pada salah satu pandu gelombang, maka cahaya akan bisa terkopel atau terjadi *transfer* daya ke pandu gelombang yang lain [8]. Apabila letak pandu gelombang cukup jauh, maka dia akan merambatkan cahaya secara bebas dalam masing-masing pandu gelombang. Teori moda terkopel diasumsikan bahwa moda dari masing-masing pandu gelombang yang belum terkopel adalah sama. Analisis dari interaksi antar dua pandu gelombang yang terkopel mengacu pada persamaan diferensial orde satu dengan variasi $a_1(z)$ dan $a_2(z)$ adalah medan listrik pada pandu gelombang 1 dan pandu gelombang 2.

$$\frac{da_1}{dz} = -jC_{21} \exp(j\Delta\beta z) a_2(z) \quad (1a)$$

$$\frac{da_2}{dz} = -jC_{12} \exp(j\Delta\beta z) a_1(z) \quad (1b)$$

Berdasarkan kondisi di atas, maka solusi dari persamaan 1a dan 1b adalah:

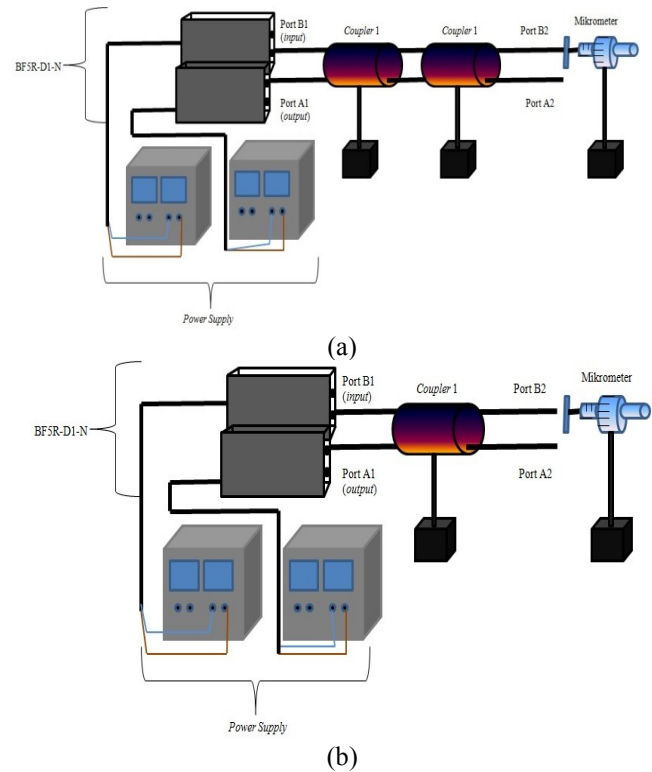
$$a_1(z) = a_0(0) \exp(j \frac{\Delta\beta}{2} z) (\cos \gamma z + \frac{\Delta\beta}{2j\gamma} \sin \gamma z) \quad (2a)$$

$$a_2(z) = a_0(0) \frac{C_{12}}{j\gamma} \exp(-j \frac{\Delta\beta}{2} z) \sin \gamma z \quad (2b)$$

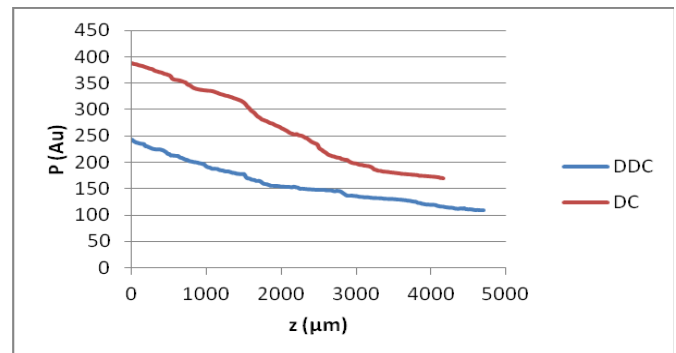
Sedangkan apabila kedua pandu gelombang yang sejajar sama-sama di lewati cahaya maka solusi persamaan 1a dan 1b menjadi:

$$a_1(z) = a_0(0) \exp(j \frac{\Delta\beta}{2} z) (\cos \gamma z - (\frac{\Delta\beta}{2\gamma} + \frac{C_{21}}{\gamma}) \sin \gamma z) \quad (3a)$$

$$a_2(z) = a_0(0) \exp(j \frac{\Delta\beta}{2} z) (\cos \gamma z + (\frac{\Delta\beta}{2\gamma} - \frac{C_{21}}{\gamma}) \sin \gamma z) \quad (3b)$$



Gambar. 3. Set-up alat untuk eksperimen (a) *double coupler* dan (b) *directional coupler* sebagai sensor pergeseran



Gambar. 4. Grafik hasil eksperimen *directional coupler* dan *double coupler* sebagai sensor pergeseran

C. Aplikasi Directional Coupler untuk Sensor Pergeseran

Dalam hal sensor pergeseran, terdapat dua metode yang di adaptasi yaitu sensor interferometri termodulasi fase dan sensor termodulasi intensitas berdasarkan pemantulan. Sensor termodulasi fasa membandingkan fase cahaya dari fiber *sensing* dengan fiber *reference* dalam suatu perangkat yang dikenal sebagai interferometer. Tetapi sebagian besar penelitian mengenai sensor pergeseran menggunakan prinsip cahaya termodulasi intensitas. Pergeseran suatu objek menyebabkan perubahan intensitas cahaya pada penerima (objek) yang berfungsi sebagai pergeseran antara permukaan *port sensing* dengan permukaan reflektor. Sensor pergeseran tipe ini, melibatkan dua fiber yang berfungsi sebagai *port input* dan *port sensing* atau *port* untuk penerima refleksi cahaya seperti ditunjukkan pada Gambar 2 [4].

Tabel 1.

Parameter-parameter sensor pergeseran dari *directional coupler* dan *double coupler* sebagai sensor pergeseran

Parameter	<i>Directional Coupler</i>	<i>Double Coupler</i>
Panjang coupling (cm)	3,4	3,4
Pergeseran alat (μm)	20	20
Jangkauan (μm)	4160	4700
Daerah kerja (μm)	0 - 3180	2140 - 4560
Sensitivitas ($\text{au}/\mu\text{m}$)	0,0661	0,0182
Linieritas	0,9901	0,9863

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Bahan yang disiapkan untuk merancang sensor pergeseran ini adalah satu buah *directional coupler* dan *double coupler* dengan panjang kupasan 3,4 cm yang telah di karakterisasi [9]. Masing-masing *directional coupler* dan *double coupler* di buat dari serat optik *multimode* jenis FD-620-10. Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini adalah dua buah *digital indicating type fiber optic sensor* (BF5R-D1-N) yang masing-masing berfungsi sebagai sumber dan detektor, *power supply*, kabel penjepit, mikrometer scrup dengan ketelitian 0,01 mm yang telah di pasang cermin pada ujung poros putarnya. Cermin ini berfungsi sebagai *reflektor*.

Komponen pergeseran yang digunakan pada eksperimen ini terdiri dari mikrometer skrup yang memiliki ketelitian 0,01 mm. Secara umum, komponen pergeseran ini terdiri dari mikrometer skrup yang di susun sedemikian hingga, sehingga dapat berdiri dan di pasang pada *magnetic holder*, sehingga ketika pengambilan data, alat ini tidak mudah bergeser-geser. Selain itu pada ujung poros di pasang cermin datar berukuran $2 \times 2 \text{ cm}^2$, sehingga apabila bagian skala pemutar di putar maju atau mundur maka cermin akan ikut bergeser.

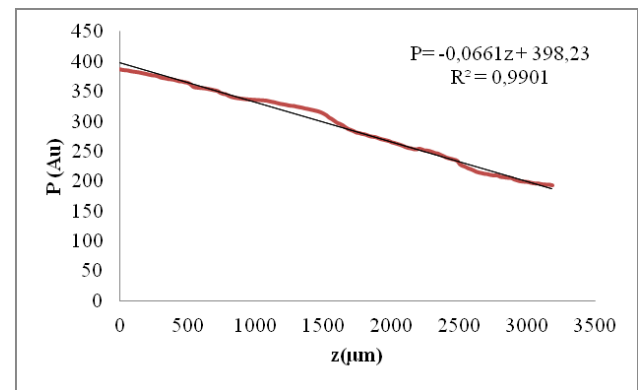
B. Cara Kerja Directional Coupler dan Double Coupler sebagai Sensor Pergeseran

Set-up alat eksperimen *directional coupler* dan *double coupler* ditunjukkan pada Gambar 3. BF5R-D1-N disambungkan dengan *power supply* dengan menghubungkan kabel coklat dengan kutub positif dan kabel biru dengan kutub negatif. Tegangan dan arus pada *power supply* di set 12 volt dan 4 mA supaya didapatkan pancaran sinar merah LED

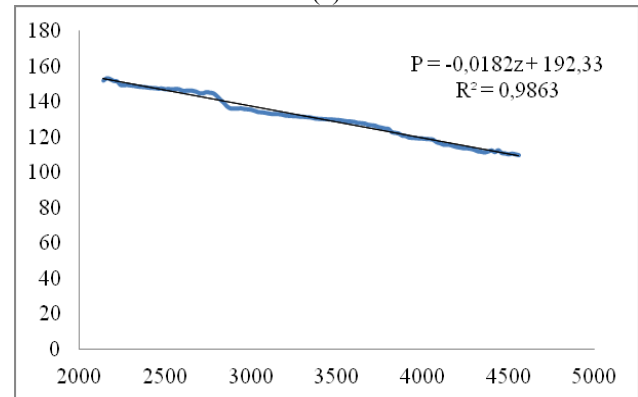
yang konstan. Setiap akan dilakukan pengambilan data, setiap ujung permukaan *port* baik *directional coupler* ataupun *double coupler* di bersihkan menggunakan alkohol 70%. Pembersihan *port* dilakukan dengan mengusap-usap permukaan *port* dengan kapas yang telah di beri sedikit alkohol untuk menghilangkan debu-debu atau kotoran-kotolan lain.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Data hasil karakterisasi *directional coupler* dan *double coupler* sebagai sensor pergeseran mikro berupa daya optik



(a)



(b)

Gambar. 5. Grafik daerah linier (a) *directional coupler* dan (b) *double coupler*

sebagai fungsi pergeseran posisi cermin. Semakin jauh pergeseran dari cermin maka akan semakin kecil daya optik yang kembali terpandu pada fiber optik dan terbaca pada

detektor. Pengambilan data dilakukan setiap pergeseran $20 \mu\text{m}$ dengan posisi awal berada saat $z = 0$. Adapun untuk analisis kualitatif ditunjukkan pada Gambar 4.

Sebagai sensor pergeseran, hubungan antara variabel daya *output* terhadap pergeseran haruslah linier. Sedangkan telah diperlihatkan sebelumnya pada Gambar 4 bahwa bentuk grafik yang tersaji tidak linier penuh. Oleh karena itu, harus dilakukan pengujian daerah linier untuk *directional coupler* dan *double coupler*. Daerah linier ini menunjukkan daerah kerja efektif sebagai suatu sensor pergeseran. Pengujian daerah linier dilakukan dengan memilih data yang di asumsikan paling linier dibandingkan yang lain kemudian di regresi linier. Kemudian dari regresi linier itulah nantinya akan dapat diketahui parameter-parameter sensor dari masing-masing *directional coupler* dan *double coupler* sebagai sensor pergeseran yang berskala mikro.

Daerah kerja *directional coupler* sebagai sensor pergeseran ditunjukkan pada gambar 5(a). Berdasarkan pemilihan data eksperimen hasil pergeseran cermin pada *directional coupler* ini didapatkan bahwa daerah kerja berkisar antara jarak $0 \mu\text{m}$ hingga $3180 \mu\text{m}$. Sensitivitas dari sensor ini sebesar $0,067 \text{ au}/\mu\text{m}$, tanda (-) dari persamaan tersebut menunjukkan bahwa grafik ini berbentuk *backslope* seperti yang sudah di jelaskan

pada sub bab 2.5. Sedangkan nilai R^2 menunjukkan faktor linieritas dari grafik tersebut. Sehingga diketahui bahwa faktor linieritas untuk *directional coupler* sebagai sensor adalah 0,9903.

Sedangkan daerah kerja *double coupler* sebagai sensor pergeseran ditunjukkan pada gambar 4(b). Berdasarkan pengujian daerah linier didapatkan bahwa daerah kerja sensor ini berkisar antara jarak 2140 μm hingga 4560 μm , atau rentang daerah kerjanya 2420 μm . Rentang daerah kerja ini agak jauh lebih kecil di banding daerah kerja *directional coupler*. Berdasarkan persamaan garis dapat diketahui nilai sensitivitas dari sensor ini adalah 0,0182 $\text{au}/\mu\text{m}$, tanda (-) dari persamaan tersebut menunjukkan bahwa grafik ini juga berbentuk *backslope*. Nilai faktor linieritas dari grafik ini dinyatakan dengan R^2 . Sehingga diketahui bahwa faktor linieritas untuk *double coupler* sebagai sensor adalah 0,9863.

Berdasarkan Gambar 5 untuk masing-masing *directional coupler* dan *double coupler* maka didapatkan beberapa data yang dapat digunakan sebagai parameter sensor, yaitu sensitivitas, daerah kerja, resolusi pergeseran alat, jangkauan dan tingkat linieritas. Adapun nilai parameter-parameter *directional coupler* dan *double coupler* sebagai sensor pergeseran diperlihatkan pada tabel di bawah ini:

Berdasarkan parameter-parameter sensor yang disajikan pada tabel 1. diketahui bahwa daerah kerja yang diperoleh dari *directional coupler* maupun *double coupler* berbeda. *Directional coupler* memiliki daerah kerja yang jauh lebih panjang dan sensitivitas lebih besar dibanding *double coupler*. Selain itu, nilai linieritas *directional coupler* lebih besar dibandingkan *double coupler* dengan perbedaan besar linieritas tidak terlalu jauh. Akan tetapi secara umum performansi *directional coupler* maupun *double coupler* sebagai sensor pergeseran sudah cukup baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan bahwa *directional coupler* dan *double coupler* dari bahan serat optik *multimode* ini dapat dimanfaatkan sebagai sensor pergeseran dengan performansi yang sudah cukup baik. Adapun parameter-parameter sensor pergeseran untuk masing-masing *directional coupler* dan *double coupler* adalah besar jangkauan 4160 μm dan 4700 μm , daerah kerja 3180 μm dan 2420 μm , serta sensitivitas 0,0661 $\text{au}/\mu\text{m}$ dan 0,0182 $\text{au}/\mu\text{m}$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Hariyanto, "Aplikasi Directional Coupler Serat Optik Mode Jamak sebagai Sensor Getaran Berbasis Modulasi Intensitas," Thesis, Fisika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, (2011).
- [2] Y. H. Ja, "A double-coupler optical fibre ring-loop resonator with degenerate two wave mixing," *Optics Communications*, vol. 81, no. 1–2, (Feb. 1991) pp. 113–122.
- [3] Samian, "Directional Coupler sebagai Sensor Pergeseran Mikro," Thesis, Fisika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2008.
- [4] Vijay K. Kulkarni, Anandkumar S. Lalasangi, I.I. Pattanashetti, and U. S. Raikar, "Fiber Optic Micro-Displacement Sensor using Coupler,"

- Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, vol. 8, no. 4, (Agustus 2006) .pp. 1610–1612.
- [5] M.C. Baruch, D.W. Gerdt, and C.M. Adkins, "Fiber-Optic Couplers as Displacement Sensors," *Preceding SPIE*, vol. 4943, 2003.
- [6] A. Rubiyanto, A. Waluto, G. Prajitno, and A. Y. Rohedi, "Analisa Directional Coupler sebagai Pembagi Daya untuk Mode TE," *JFA*, vol. 2, no. 1, (Jan. 2006), pp. 060105–1 – 060105–5.
- [7] Mohammad Azadeh, *Fiber Optics Engineering*. New York: Springer Science+Business Media, (2009).
- [8] B. E. A. Saleh and M. C. Teich, *Fundamentals of Photonics*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, (2007).
- [9] Lucky Putri Rahayu, *Fabrikasi dan Karakterisasi Directional Ingle dan Double Coupler pada Bahan Serat Optik Plastik Step Index Multimode Fd-620-10*. 2013, Tugas Akhir, Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2013.